

Nízkofrekvenční zpětné působení na síť

Napájecí sítě v ohrožení

Síťové napětí dodávané energetickými podniky (EVU) pro domácnosti a průmysl by mělo představovat napětí pravidelného sinusového průběhu s konstantní amplitudou a kmitočtem. Toto je ideální případ, který se dnes ve veřejných sítích už nevyskytuje. Příčinou jsou částečně spotřebiče, které ze sítě odebírají proud nesinusového průběhu, popř. mají nelineární charakteristiku, jako např. PC, televizory, spínané síťové zdroje, úsporné světelné zdroje nebo také měniče kmitočtu. Vlivem společné evropské energetické sítě, vysokého zatížení a nedostatečných investic bude kvalita síťového napětí v budoucnu i nadále klesat. Odchytky od ideálního sinusového průběhu jsou tedy nevyhnutelné a v určitých mezích přípustné. Pro projektanty a provozovatele vzniká povinnost udržovat toto zkreslení sítě co nejmenší. Kde jsou ale příslušné meze a kdo je stanoví?

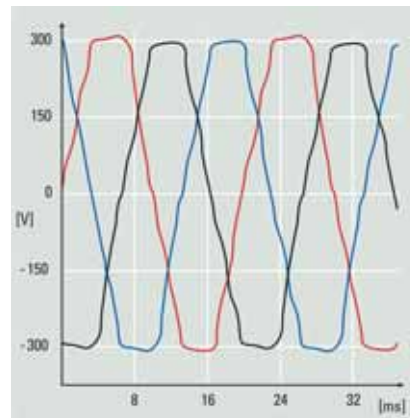
Jak vznikají zpětné účinky na síť

Zkreslení sinusového průběhu napětí v napájecí elektrické síti v důsledku pulzujícího proudového odběru připojených spotřebičů nazývají odborníci nízkofrekvenčním zpětným působením sítě nebo

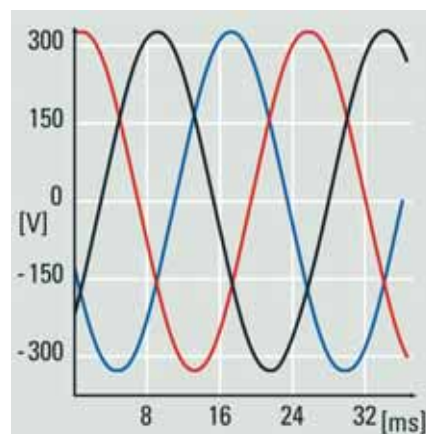
Zákonná nařízení zajišťují kvalitu

V diskuzi o čistém a kvalitním síťovém napětí pomáhají normy, směrnice a předpisy. Základem pro objektivní posouzení kvality síťového napětí představuje zákon o elektromagnetické kompatibilitě zařízení (EMVG). Evropské normy EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 a EN 50160 popisují mezní hodnoty síťového napětí ve veřejných a průmyslových sítích, které je třeba dodržet. Normy EN 61000-3-2 a EN 61000-3-12 obsahují předpisy týkající se účinku sítě na připojená zařízení. Z hlediska celkového pojetí jsou pro provozovatele zařízení důležitá i ustanovení EN 50178, stejně jako připojovací podmínky energetických podniků. Zásadně platí předpoklad, že při dodržení této úrovně budou všechny přístroje a systémy připojené k napájecí síti plnit svou příslušnou funkci bez poruch.

také harmonickými. Dle výsledků Fourierovy analýzy hovoříme také o obsahu harmonických v síti, který činí až 2,5 kHz jako násobek základního kmitočtu 50 Hz. Vstupní usměrňovače měničů kmitočtu vytvářejí takovéto typické zatížení sítě i harmonickými kmitočty. U kmitočtových měničů v sítích 50 Hz



Měření ukazují zřetelné zkreslení síťového napětí vlivem zpětného působení nelineárních spotřebičů.



V našich sítích se s ideálním sinusovým průběhem napětí téměř nesetkáte.

lze pozorovat 3. (150 Hz), 5. (250 Hz) či 7. (350 Hz) harmonickou, jejichž účinky jsou zde nejsilnější. Celkový obsah harmonických představuje THD (Total Harmonic Distortin), tj. celkové zkreslení harmonickými neboli činitel harmonického zkreslení.

Praxe - snižování zpětných účinků sítě

Důsledky zpětných účinků na síť

Zpětné účinky na síti způsobené harmonickými a výkyvy napětí patří mezi nízkofrekvenční síťová rušení souvisejícími s vedením. Tyto mají rozdílný průběh v místě svého vzniku než v místě připojení spotřebiče k síti. Proto je třeba při hodnocení zpětných vlivů sítě vzít v úvahu konstelaci síťového napájení, konstrukci sítě a spotřebiče. Účinky zvýšené úrovně harmonických jsou následující:

Nebezpečí podpětí

- V důsledku deformace sinusového průběhu nelze napětí správně změřit.
- Nízký výkon napájecí sítě

Zvýšené ztráty

- Harmonické spotřebují část činného, zdánlivého a jalového výkonu
- Kratší životnost přístrojů a součástí způsobená např. vyšším ohřevem v důsledku rezonancí.
- Špatná funkce, poškození elektrických a elektronických spotřebičů, např. akustické vazby v jiných přístrojích. V nejhorším případě dokonce zničení.
- Chybné výsledky měření, protože měřicí přístroje jsou cejchovány na efektivní hodnotu sinusového průběhu, tento průběh je, ale zkreslen harmonickými.

Existuje měnič kmitočtu, který je nezávislý na zpětném účinku sítě?

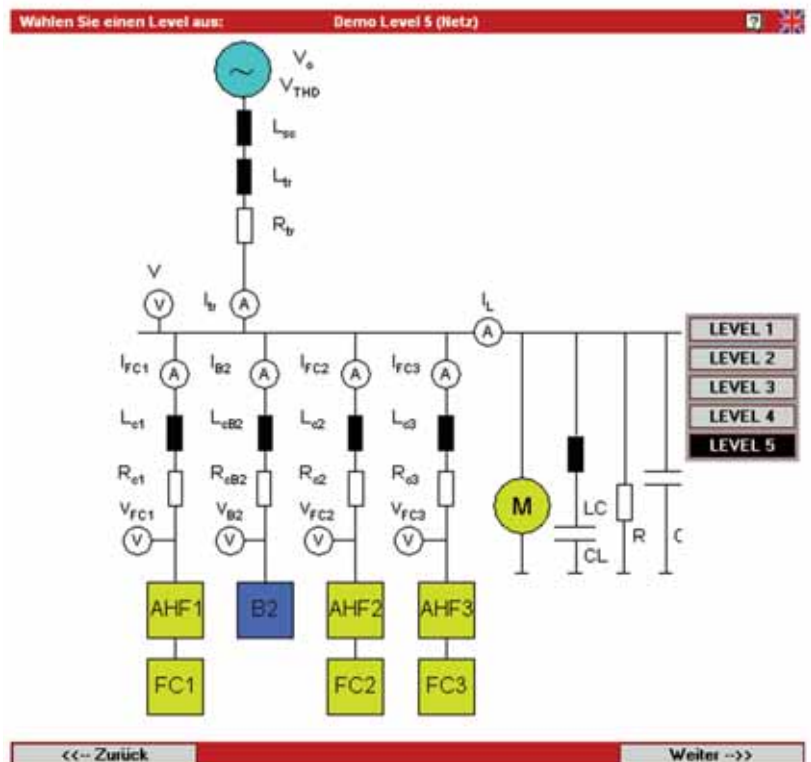
Každý měnič kmitočtu vytváří zpětné účinky na síť. Ovšem platná norma uvažuje frekvenční rozsah pouze do 2 kHz. Proto někteří výrobci posouvají zpětné účinky do rozsahu nad 2 kHz, který není v normě definován, a tato svá zařízení nabízejí jako přístroje, které síť neovlivňují. O mezních frekvencích pro tento rozsah probíhají v současné době jednání.

Upozornění: Příliš vysoký podíl harmonických zatěžuje obvody pro kompenzaci jalového proudu a může vést k jejich zničení. Proto by se k tomuto účelu měly používat obvody s tlumivkami.

Výpočet zpětných účinků sítě

Aby nedošlo ke značnému zhoršení kvality sítě, je třeba realizovat příslušná opatření k redukcí, eliminaci či kompenzaci harmonických u zařízení, která tyto harmonické kmitočty vytvářejí. Výpočetní programy, např. MCT 31 (Harmonic Calculation Software) umožňují výpočet těchto zařízení již ve stádiu projekce. Provozovatel tak může v předstihu otestovat ochranná opatření a zabezpečit provoz svého zařízení.

Poznámka: Společnost Danfoss má rozsáhlé a dlouhodobé zkušenosti v oblasti EMC. Tyto zkušenosti předáváme svým zákazníkům formou školení, seminářů, workshopů či v každodenní praxi prováděním analýzy EMC s podrobným vyhodnocením a výpočtem.



Možnosti snižování zpětných účinků sítě

Obecně lze snížit zpětné účinky elektronických řídicích systémů na síť omezením amplitudy impulzních proudů. V důsledku toho dojde ke zlepšení účinnosti λ (Lambda). Aby nedošlo ke značnému zhoršení kvality sítě, je třeba realizovat příslušná opatření k redukci, eliminaci či kompenzaci harmonických u zařízení, která tyto harmonické kmitočty vytvářejí, a sice:

- Tlumivky na vstupu nebo ve vloženém obvodu měniče kmitočtu
- Selektivní vložený obvod
- Usměrňovač s 12, 18 nebo 24 impulzy
- Pasivní filtry
- Aktivní filtry
- Active Front End a Low Harmonic Drives

Tlumivky na vstupu nebo ve vloženém obvodu

Již jednoduché tlumivky sniží efektivně harmonické, které dodává zapojení usměrňovače do sítě. Výrobce měničů kmitočtu je nabízí jako přídatné či dodatečné příslušenství. Tlumivky je možno zapojit před měnič kmitočtu na straně napájení nebo do vloženého obvodu za usměrňovač. Protože indukčnost vyvolá na každém místě stejný účinek, je možné potlačit působení na síť v místě zapojení. Obě varianty mají své výhody i nevýhody. Tlumivky na síťové straně jsou drahé, větších

rozměrů a vykazují vyšší ztráty než tlumivky v usměrňovači. Výhoda tlumivek: chrání usměrňovač před přenosem rušivých vlivů ze sítě do měniče. Stejnoseměrné tlumivky jsou zapojeny ve vloženém obvodu. Mají větší účinnost, ale obvykle je není možné dodatečně vestavět. Pomocí takových tlumivek lze snížit obsah harmonických usměrňovače B6 z hodnoty THD I = 80 % na cca 40 %. V praxi lze u měniče kmitočtu s tlumivkami dosáhnout Uk 4 %. Další snížení harmonických lze dosáhnout speciálně přizpůsobenými filtry.

Poznámka: Měniče kmitočtu VLT Danfoss jsou standardně vybaveny tlumivkovým zapojením, které snižuje zpětný vliv sítě na hodnotu THDi = 40 %.

Impulzní usměrňovače s vyšším počtem impulzů (12, 18 a 24)

Impulzní usměrňovače s vyšším počtem impulzů (12, 18 a 24) vytvářejí menší množství harmonických. V minulosti se často používaly u zařízení s vyššími výkony. K napájení je ovšem potřeba zvláštní transformátor, který má několik sekundárních vinutí, ze kterých přivádí fázově posunuté napětí k jednotlivým skupinám usměrňovače. Nevýhodou tohoto způsobu je vedle nákladů a potřeby prostoru pro zvláštní transformátor také vyšší investice za transformátor a měnič kmitočtu.

Pasivní filtry

V případě mimořádně vysokých požadavků, popř. požadavku na provoz bez harmonických, jsou optimální pasivní síťové filtry. Tyto filtry se vyrábí z pasivních součástek, jako jsou cívky a kondenzátory. Sériové rezonanční obvody zapojené paralelně k zátěži a naladěné na harmonické kmitočty sniží obsah harmonických THD na straně sítě na hodnoty 10 % či 5 %. Filtrační

jednotka je vhodná jak pro jeden, tak pro skupinu měničů kmitočtu. Aby mohl filtr harmonických správně plnit svoji funkci, musí se správně přizpůsobit skutečnému vstupnímu proudu měniče. Pasivní filtry harmonických se zapojují buď před měnič, nebo před skupinu měničů kmitočtu.

Výhody pasivních filtrů

Tento typ filtrů poskytuje dobrý poměr cena/výkon. Za cenu poměrně nízkých nákladů dosáhne provozovatel snížení obsahu harmonických, jaké je možné jen u usměrňovačů s 12 či 18 impulzy. Dosažené snížení obsahu harmonických činí dle hodnoty THD 5 %. Pasivní filtry nevyrobí žádné rušení v kmitočtovém rozsahu nad 2 kHz.

Protože se jedná o zapojení s pasivními součástkami, nedochází k žádnému mechanickému opotřebení, jedná se o zapojení odolné vůči elektrickým poruchám a mechanickému zatížení.

Nevýhody pasivních filtrů

Vzhledem ke své konstrukci jsou pasivní filtry poměrně rozměrné a těžké. Filtry této kategorie pracují nanejvýš efektivně při 80 - 100 % zatížení. S klesající zátěží ovšem stoupá spotřeba kapacitního jalového výkonu a proto se doporučuje při provozu naprázdno odpojit kondenzátory filtru.

